

环保行业深度报告

环卫无人化系列 3: 再探环卫无人化, 持筹握剑指成本

2026 年 04 月 16 日

增持 (维持)

证券分析师 袁理

执业证书: S0600511080001  
021-60199782

yuanl@dwzq.com.cn

证券分析师 陈致文

执业证书: S0600523070006  
chenzw@dwzq.com.cn

研究助理 田源

执业证书: S0600125040008  
tiany@dwzq.com.cn

投资要点

- **环卫无人是自动驾驶领域最大应用场景, 25 年项目数量占比 30%, 25 年中标金额超 126 亿元 (同增超 150%)。** 1) 2025 年环卫无人是自动驾驶领域最大应用场景, 项目数量占比 30%; 环卫无人中标金额超 126 亿元 (含服务), 同增超 150%, 涉及的无人环卫设备数量约 1300 台。广东位列第一, 项目数量占比 41%。2) 2026 年截至 3 月 15 日已开标环卫无人设备 288 台, 同比增长 102.8%, 实现翻倍, 其中 162 台服务于“环卫+无人驾驶”试点项目, 占比 56%。
- **技术差异: 多技术路径并存, 多传感器+高精地图路径技术发展成熟, 视觉融合路径传感器配置成本较低。** 1) **传感器配置差异:** ①**多传感器融合路线:** 技术成熟可靠, 但激光雷达等硬件成本较高; ②**视觉融合路线:** 减配激光雷达, 硬件成本低廉, 但算法要求高。2) **地图差异:** ①**高精地图路线:** 多传感器融合路线的技术底座之一, 激光雷达是三维环境感知的核心; ②**视觉融合路线:** 通过算法将不同角度的 2D 摄像头图像, 实时融合到 3D 空间, 形成动态的“局部实时地图”。**聚焦环卫无人场景, 我们结合行业情况假设**①**多传感器+高精地图路径:** 配置 4 个激光雷达+6 个普通摄像头+2 个毫米波雷达+6 个超声波雷达; ②**融合视觉路径:** 配置 1 个激光雷达+4 个普通摄像头+2 个高清摄像头+2 个毫米波雷达+6 个超声波雷达。
- **降本逻辑:** 环卫无人设备降本的主要驱动因素包括**硬件端的技术变革/规模量产/国产替代、规模化后软件/算法研发费用摊薄**等。环卫无人车的成本构成可分为: 1) **车体硬件:** 车体、电池、底盘、清扫装置等。2) **智驾硬件:** 感知系统包括摄像头、毫米波雷达、超声波雷达、激光雷达等; 域控系统包括算力芯片、存储等; 部分厂商存在改装成本。3) **软件:** 软件及算法。其中, 硬件依靠技术变革、规模量产及国产替代降本, 软件则**主要受益于规模化后的单车成本摊薄**。
- **降本测算:** 我们测算当前小吨位环卫无人设备整车成本约 45 万元, 预期未来 1-2 年下降 59-62%至约 17-18 万元, 未来 3-5 年下降 69-71%至约 13-14 万元, 主要由**规模量产+国产替代+配置差异共同驱动**。1) **基准模型测算** (假设摊销软件/算法研发成本 3000 万元/年, 按 100 台摊销): 小吨位环卫无人设备多数基于高精地图采用多激光雷达+进口芯片的配置, 考虑试研阶段小批量部件采购成本高于乘用车, 我们测算 1 吨级环卫无人设备成本 45.0 万元, 其中: ①车体硬件 8.0 万元; ②智驾硬件 7.0 万元; ③软件 30.0 万元, 软件端当前研发摊销较大。2) **预期未来 1-2 年** (假设摊销软件/算法研发成本 3000 万元/年, 按 500 台摊销): **若维持高精地图方案**, 硬件规模量产+算力芯片国产替代+软件算法摊销共同驱动降本至 18.3 万元 (较基准模型下降 59%, 下同), 其中: ①车体硬件 6.8 万元 (-15%), 主要系规模量产; ②智驾硬件 5.5 万元 (-22%), 主要系规模量产+芯片国产替代; ③软件 6.0 万元 (-80%), 主要系规模量产下研发成本摊销快速下滑。**若改用融合视觉方案**, 减配激光雷达+ (硬件规模量产+算力芯片国产替代+软件算法摊销) 共同驱动降本至 17.1 万元 (-62%), 其中: ①车体硬件 6.8 万元 (-15%), 主要系规模量产; ②智驾硬件 4.3 万元 (-39%), 主要系减配激光雷达+规模量产+芯片国产替代; ③软件 6.0 万元 (-80%), 主要系规模量产下研发成本摊销快速下滑。3) **预期未来 3-5 年** (假设摊销软件/算法研发成本增至 4000 万元/年, 按 1000 台摊销): 规模量产+后环卫无人设备将实现进一步降本。同上, **若维持高精地图方案**, 成本预计 14.1 万元 (-69%), 其中: ①车体硬件 5.6 万元 (-30%); ②智驾硬件 4.5 万元 (-36%); ③软件 4.0 万元 (-87%)。若改用融合视觉方案, 成本预计 13.1 万元 (-71%), 其中: ①车体硬件 5.6 万元 (-30%); ②智驾硬件 3.5 万元 (-50%); ③软件 4.0 万元 (-87%)。
- **投资建议:** 行业积极布局智能化&无人化, 技术革新&规模量产&国产替代共同驱动降本逻辑, 26-27 年有望加速放量。建议关注【劲旅环境】【宇通重工】【福龙马】【玉禾田】【盈峰环境】【侨银股份】。
- **风险提示:** 设备替代不及预期; 政府支付能力下降; 市场竞争加剧。

行业走势



相关研究

《龙净参股 60GWh 储能电芯, 景津成本+需求驱动有望提价, 重视垃圾发电算电协同》

2026-04-13

《垃圾发电稀缺性绿电, 持续推荐永兴、绿动; 龙净: 回购增持不断凸显矿业双碳龙头价值》

2026-04-07

## 内容目录

1. 环卫无人是自动驾驶领域最大的应用场景 .....	4
1.1. 环卫无人是自动驾驶领域最大应用场景，25 年环卫无人中标超 126 亿，同增超 150%.4	
1.2. 截至 2026 年 3 月中旬已开标环卫无人设备 288 台，同比翻倍突破.....	5
2. 技术差异：多传感器+高精地图路径技术发展成熟，视觉融合路径传感器配置成本较低.....	7
3. 降本逻辑：硬件产业化驱动降本&软件量产摊薄成本.....	9
3.1. 硬件降本三大核心：技术革新&规模量产&国产替代 .....	11
3.1.1. 传感器成本：技术革新&规模化量产下成本快速下探 .....	11
3.1.2. 算力芯片成本：技术升级叠加国产替代，单位算力成本大幅降低.....	11
3.2. 软件：聚焦环卫场景适配，降本依赖于量产摊薄.....	13
4. 竞争格局：多方玩家参与，关注放量节奏 .....	16
4.1. 主流厂商梳理：环卫设备/环卫服务/科技公司多方玩家参与竞争 .....	16
4.2. 技术路径向视觉融合方向发展，小规模放量阶段关注订单验证及商业化落地.....	17
5. 投资建议 .....	19
6. 风险提示 .....	19

## 图表目录

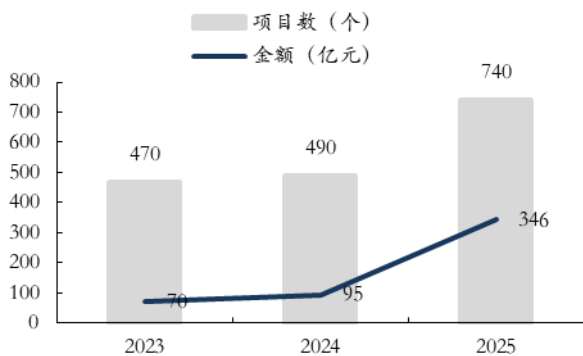
图 1:	2023-2025 年国内自动驾驶中标情况 .....	4
图 2:	2025 年自动驾驶中标项目应用场景分布 (亿元) .....	4
图 3:	2025 年无人环卫中标项目地区分布 .....	5
图 4:	2026 年截至 3/15 环卫无人设备用途结构 (台, %) .....	6
图 5:	2026 年截至 3/15 环卫无人设备区域分布 (台, %) .....	6
图 6:	中美主流智驾系统传感器配置情况 .....	7
图 7:	高精地图与激光雷达点云数据配准定位流程 .....	8
图 8:	BEVFormer v2 鸟瞰图形成过程 .....	8
图 9:	环卫无人设备构成及降本驱动因素 .....	9
图 10:	小吨位环卫无人设备成本模型及降本测算 .....	10
图 11:	环卫无人设备传感器成本测算 .....	11
图 12:	禾赛科技激光雷达出货量及售价 .....	11
图 13:	域控制器核心模块 .....	12
图 14:	自驾车端算力需求超 1000 TOPS .....	12
图 15:	英伟达车载计算平台迭代历程 .....	12
图 16:	国产算力芯片支撑域控系统成本降幅达 30-40% (成本单位: 元) .....	13
图 17:	智驾 AI 大模型发展历程 .....	14
图 18:	基于视觉模型识别垃圾及道路边缘 .....	14
图 19:	基于视觉模型实现垃圾巡检、沿边清扫 .....	14
图 20:	单车研发成本敏感性分析 .....	15
图 21:	环卫无人设备主要玩家分类 .....	16
图 22:	环卫无人设备主要商业模式 .....	17
图 23:	环卫无人技术迭代 .....	17
图 24:	环卫无人主流厂商技术梳理 .....	17
图 25:	环卫无人设备主要设备及商业化情况 .....	18
图 26:	盈利预测与估值表 (2026/4/10) .....	19

## 1. 环卫无人是自动驾驶领域最大的应用场景

### 1.1. 环卫无人是自动驾驶领域最大应用场景，25年环卫无人中标超126亿，同增超150%

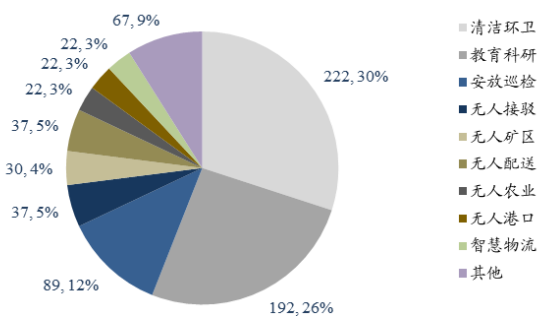
环卫无人是自动驾驶领域最大应用场景，2025年环卫无人项目数量占比30%。根据新战略低速无人驾驶产业研究所数据，2025年国内自动驾驶领域公开超740个中标结果公告（此统计未完全覆盖场景用户与企业直接签订的采购订单，且不含乘用车智能驾驶、无人机/无人航天飞行器领域项目），披露的项目总额超346亿元。项目数同比增长51%，披露总金额同比增长264%。从应用场景来看，清洁环卫（占比30%）数量最多、覆盖区域最广、商业模式最成熟。其中在深圳市多个区“城市管家”项目、深能环保无人清扫车项目、永川区智慧城市管理服务项目等标志性项目内，酷哇科技、赛特智能、城市之光、中联重科等企业频繁中标。环卫无人项目集中在广东、安徽、江苏、浙江等地。

图1：2023-2025年国内自动驾驶中标情况



数据来源：新战略低速无人驾驶产业研究所，东吴证券研究所

图2：2025年自动驾驶中标项目应用场景分布（亿元）

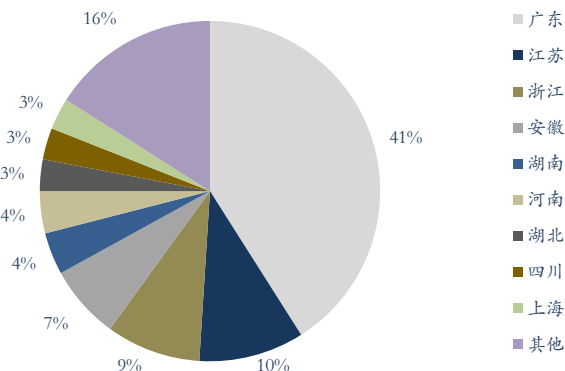


数据来源：新战略低速无人驾驶产业研究所，东吴证券研究所

2025年环卫无人中标项目总金额超126亿元（含服务），广东位列第一。据新战略低速无人驾驶产业研究所不完全统计，2025年，国内成功开标的无人环卫设备采购和试点项目已达220余项，披露的总金额超126亿元，同比增长超过150%。涉及的无人环卫设备数量约1300台。从项目地区分布来看，统计的超220个项目覆盖全国26个省、自治区（直辖市）。其中广东、江苏、浙江、安徽分别以41%、10%、9%、7%的项目数占比领跑2025年无人环卫竞标榜单。其中广东省项目主要集中在深圳、广州两地，深圳市按照项目年服务费金额每1000万至少配置一台无人智能清扫设备，广州市则计划

到 2026 年无人驾驶清扫设备投用量达到 1000 台，利好政策大力推动环卫无人的应用推广。

图3：2025 年无人环卫中标项目地区分布



数据来源：新战略低速无人驾驶产业研究所，东吴证券研究所

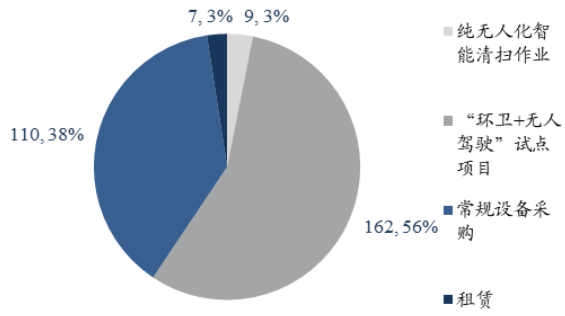
## 1.2. 截至 2026 年 3 月中旬已开标环卫无人设备 288 台，同比翻倍突破

2026M1-3 中甸已开标的无人驾驶环卫设备采购总量达 288 台，同比增长 102.8%。根据环境司南数据显示，截至 2026 年 3 月 15 日，2026 年国内公开招标渠道累计开标无人化智能环卫设备达 288 台/辆，较 25 年同期的 142 台/辆大幅增长 102.8%，实现翻倍式突破。从用途结构来看，288 台设备中，有 9 台用于纯无人化智能清扫作业，162 台服务于“环卫+无人驾驶”试点项目，110 台为常规设备采购，另有 7 台以租赁形式落地。

从区域分布来看，无人环卫设备招采活动高度集中于经济发达地区，呈现散点放量。广东省以 96 台开标量领跑全国，江苏省（51 台）、浙江省（37 台）紧随其后，三地开标总量达 184 台，占比超过六成（64%）。城市方面，深圳市（59 台）、广州市（28 台）、长沙市（26 台）、苏州市（24 台）、杭州市（22 台）位列前五，合计开标 159 台，占全国总量的 55%。

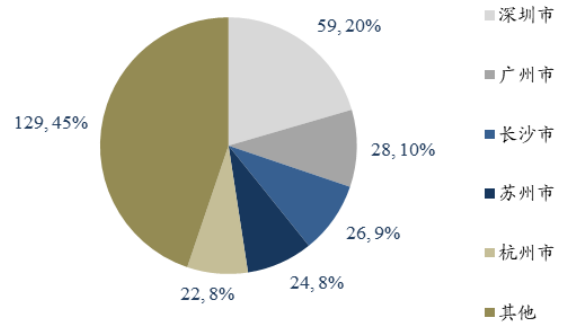
品牌竞争格局方面，盈峰环境（中联牌）以 62 台的绝对优势位居榜首，市占率达 22%；酷哇牌以 26 台排名第二，科沃斯牌以 20 台位列第三。文远知行、城市之光、纽恩驰、库萨科技、福龙马、伏泰科技等品牌中标量在 2 至 4 台之间。

图4：2026年截至3/15环卫无人设备用途结构(台,%)



数据来源：环境司南，东吴证券研究所

图5：2026年截至3/15环卫无人设备区域分布(台,%)



数据来源：环境司南，东吴证券研究所

## 2. 技术差异：多传感器+高精地图路径技术发展成熟，视觉融合路径传感器配置成本较低

作为无人驾驶技术的细分应用领域，环卫无人的技术路径同样面临着汽车无人驾驶的“技术路线之争”，不同技术理念和实现路径的差异将影响无人驾驶系统软硬件成本，包括传感器、高精地图配置等。通过梳理乘用车主流自驾技术的迭代和发展趋势，可以深化理解环卫无人设备新技术勃发、经济性渐进、降本空间广阔，当前正处于即将规模化放量的历史节点，行业格局的大变革将至。聚焦环卫无人场景，我们结合行业情况假设①多传感器+高精地图路径：配置 4 个激光雷达+6 个普通摄像头+2 个毫米波雷达+6 个超声波雷达+高精地图；②融合视觉路径：配置 1 个激光雷达+4 个普通摄像头+2 个高清摄像头+2 个毫米波雷达+6 个超声波雷达。

**传感器配置差异：**根据是否配备激光雷达无人驾驶技术路径可分为（1）多传感器融合路线——海外企业如 Waymo、国内主流车企如蔚来、华为等均选择该路线，在视觉传感器（摄像头）基础上增配了毫米波雷达、激光雷达等，其核心思想是通过多维的传感器获取更多数据，增加在雨雾天气等长尾场景下的安全冗余，代价是激光雷达等硬件成本较高；（2）视觉融合路线——以特斯拉为代表的纯视觉方案以不使用激光雷达为特征，仅通过摄像头进行环境感知，优点是硬件成本低廉，有较高的灵活性和适应性；缺点是在恶劣的天气条件下或光照不足的条件，感知能力可能下降；算法要求高、训练成本大等。

图6：中美主流智驾系统传感器配置情况

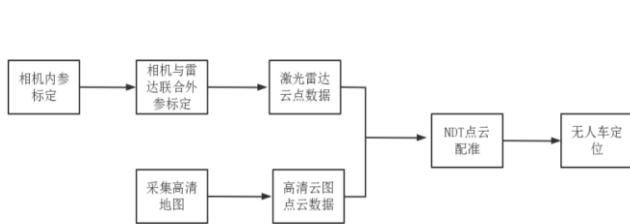
公司名称	国家	感知传感器配置	车型
特斯拉	美国	视觉传感器、毫米波雷达、超声波传感器	Model 3
蔚来	中国	激光雷达、视觉传感器、毫米波雷达	ET9
理想	中国	激光雷达、视觉传感器、毫米波雷达	L9
小鹏	中国	激光雷达、超声波传感器、毫米波雷达、视觉传感器	G6
华为	中国	毫米波雷达、视觉传感器、超声波雷达、激光雷达	问界 M5

数据来源：《自动驾驶感知技术综述》（张叠，2024），东吴证券研究所

**地图差异：**是否采用“预制”高精地图是无人驾驶的另一技术分野。1) 高精地图路线：高精地图是多传感器融合路线的技术底座之一。核心思想是将环境高度结构化，激光雷达（LiDAR）是三维环境感知的核心。工作流程：通过测绘车对作业区域进行扫描，制作一张包含车道线、路缘石、红绿灯、杆塔等所有静态元素的厘米级“数字地图”；环卫无人车通过激光雷达和组合惯导，将自己实时“锚定”在这张地图的精确位置上；最后，依据地图提供的先验信息，执行预设的清扫路径和作业指令。随着城市道路环境变化频繁，地图需要持续更新，带来持续性运营成本。2) 视觉融合路线：多由 BEV（鸟

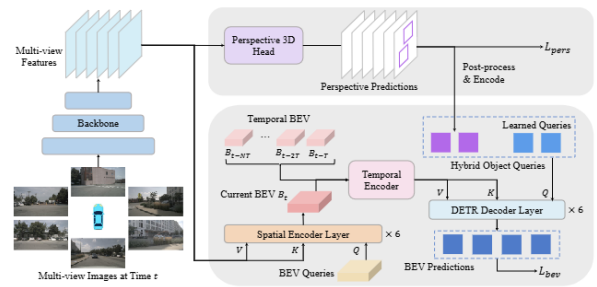
瞰图视角) + Transformer 架构驱动。BEV 技术: 通过算法将不同角度的 2D 摄像头图像, 实时融合到 3D 空间, 形成一张动态的“局部实时地图”。Transformer 架构: 赋予车辆理解空间中各个物体之间关联和时序变化的能力, 不仅能“看懂”当前路况, 还能“预测”, 赋予了车辆“类人”的、基于实时环境理解的泛化能力。视觉路线主要依靠传统导航, 制图/授权成本低, 入新城市/区域的边际成本大幅降低, 规模化扩展能力较强。随着视觉技术演进, 部分厂商或减配高精地图降低运营成本。

图7: 高精地图与激光雷达点云数据配准定位流程



数据来源: 汽车测试网, 东吴证券研究所

图8: BEVFormer v2 鸟瞰图形成过程



数据来源: 《BEVFormer v2: Adapting Modern Image Backbones to Bird’s-Eye-View Recognition via Perspective Supervision》( Yang 等, 2023 ), 东吴证券研究所

### 3. 降本逻辑：硬件产业化驱动降本&软件量产摊薄成本

环卫无人降本的主要驱动因素包括：**硬件技术革新/规模量产/国产替代、规模化后软件/算法研发费用摊薄等**。环卫无人车的成本构成可分为：**1) 车体硬件**：车体、电池、底盘、清扫装置、其他辅助装置等。**2) 智驾硬件**：**感知系统（传感器）**包括摄像头、毫米波雷达、超声波雷达、激光雷达等，是智能驾驶系统的“眼睛”；**域控系统**包括算力芯片、存储等组件，能够高效处理传感器数据，为智能驾驶系统提供算力保障；**改装成本**：厂商存在差异，个别无需代工厂改装。**3) 软件**：**软件及算法**如智能驾驶软件栈、操作系统等。其中环卫无人设备的**硬件有望受益于技术路线变革、规模量产及国产替代降本，软件则主要受益于规模化应用后的单车成本摊薄。**

图9：环卫无人设备构成及降本驱动因素

结构	关键子项	降本弹性	主要降本驱动力
车体硬件	车体、电池、底盘、清扫装置、其他辅助装置等	中等	量产规模化带来一定降本空间
智驾硬件	感知系统、域控系统 & 改装成本等	高	1. <b>技术变革</b> ：融合视觉路径，感知系统组合要求降低。2. <b>规模化</b> ：厂商技术突破，大规模量产带来价格下行。3. <b>国产替代</b> ：国产算力芯片提供更高性价比选择
软件	软件、算法等研发摊销	高	<b>规模化</b> ：软件开发前期投入比重大，随着量产规模化，单车摊销成本下降。

数据来源：清洁环卫之家，东吴证券研究所

**降本逻辑**（以下降本测算基于我们的假设模型，具体假设条件详见图 10）：我们测算当前小吨位环卫无人设备整车成本约 45 万元，预期未来 1-2 年下降 59-62%至约 17-18 万元，未来 3-5 年下降 69-71%至约 13-14 万元，主要由规模量产+国产替代+配置差异共同驱动。

- 1) 基准模型测算**（假设摊销软件/算法研发成本 3000 万元/年，按 100 台摊销）：小吨位环卫无人设备多数基于高精地图采用多激光雷达+进口芯片的配置，考虑到试研阶段小批量部件采购成本往往高于乘用车，我们测算得到 1 吨级环卫无人设备成本 45.0 万元，其中：①车体硬件合计 8.0 万元；②智驾硬件合计 7.0 万元；③软件合计 30.0 万元，软件端当前研发摊销较大。
- 2) 预期未来 1-2 年**（假设摊销软件/算法研发成本 3000 万元/年，按 500 台摊销）：**若维持高精地图方案**，硬件规模量产+算力芯片国产替代+软件算法摊销共同驱动，1 吨级环卫无人设备成本预计较基准模型下降 59%至 18.3 万元，其中：①车体硬件下降 15%至 6.8 万元，主要系规模量产驱动；②智驾硬件下降 22%至 5.5 万元，主要系规模量产+芯片国产替代驱动；③软件下降 80%至 6.0 万元，主要系规模量产下研发成本摊销快速下滑。**若改用融合视觉方案**，减配激光雷

达+(硬件规模量产+算力芯片国产替代+软件算法摊销)共同驱动,1吨级环卫无人设备成本预计较基准模型下降62%至17.1万元,其中:①车体硬件下降15%至6.8万元,主要系规模量产驱动;②智驾硬件下降39%至4.3万元,主要系减配激光雷达+规模量产+芯片国产替代驱动;③软件下降80%至6.0万元,主要系规模量产下研发成本摊销快速下滑。

3) 预期未来3-5年(假设摊销软件/算法研发成本增至4000万元/年,按1000台摊销):规模量产后环卫无人设备将实现进一步降本。同上,若维持高精地图方案,1吨级环卫无人设备成本预计较基准模型下降69%至14.1万元,其中:①车体硬件下降30%至5.6万元,主要系规模量产驱动;②智驾硬件下降36%至4.5万元,主要系规模量产+芯片国产替代驱动;③软件下降87%至4.0万元,主要系规模量产下研发成本摊销快速下滑。若改用融合视觉方案,1吨级环卫无人设备成本预计较基准模型下降71%至13.1万元,其中:①车体硬件下降30%至5.6万元,主要系规模量产驱动;②智驾硬件下降50%至3.5万元,主要系减配激光雷达+规模量产+芯片国产替代驱动;③软件下降87%至4.0万元,主要系规模量产下研发成本摊销快速下滑。

图10: 小吨位环卫无人设备成本模型及降本测算

1吨级小型环卫无人设备成本测算	成本结构	基准模型假设	预期1-2年			预期3-5年		
	假设软件/算法摊销量(台)	100	500			1000		
	成本单位(万元)	高精地图	降本逻辑假设	高精地图	融合视觉	降本逻辑假设	高精地图	融合视觉
车体硬件	车体	2.0	规模量产降本15%	1.7	1.7	规模量产降本30%	1.4	1.4
	电池	2.0		1.7	1.7		1.4	1.4
	底盘	1.5		1.3	1.3		1.1	1.1
	清扫装置	1.5		1.3	1.3		1.1	1.1
	其他辅助装置	1.0		0.9	0.9		0.7	0.7
	车体硬件合计	8.0		6.8	6.8		5.6	5.6
	较基准模型降幅		-15%	-15%	-30%	-30%		
智驾硬件	1) 感知系统(传感器组合)	3.0		2.6	1.4		2.1	1.1
	激光雷达(高精地图:4个)(融合视觉:1个)	2.0	规模量产降本15%,融合视觉后减配	1.7	0.4	规模量产降本30%,融合视觉后减配	1.4	0.4
	摄像头(高精地图:6个普通)(融合视觉:4个普通+2个高清)	0.5	规模量产降本15%,融合视觉后摄像头配置更高	0.4	0.5	规模量产降本30%,融合视觉后摄像头配置更高	0.3	0.4
	2个毫米波雷达	0.3	规模量产降本15%	0.3	0.3	规模量产降本30%	0.2	0.2
	6个超声波雷达	0.2	规模量产降本15%	0.2	0.2	规模量产降本30%	0.2	0.2
	2) 域控系统	3.0		2.1	2.1		1.7	1.7
	芯片	2.0	国产替代降本40%	1.2	1.2	国产替代+规模量产降本50%	1.0	1.0
	导航模组(定位、存储等)	1.0	规模量产降本15%	0.9	0.9	规模量产降本30%	0.7	0.7
	3) 改装成本(若有)	1.0	规模量产降本15%	0.9	0.9	规模量产降本30%	0.7	0.7
	智驾硬件合计	7.0	5.5	4.3	4.5	3.5		
	较基准模型降幅		-22%	-39%	-36%	-50%		
软件	软件/算法等研发摊销	30.0	增至500台摊销	6.0	6.0	增至1000台摊销且研发成本有所增长	4.0	4.0
	较基准模型降幅			-80%	-80%	-87%	-87%	
	合计(万元)	45.0	18.3	17.1	14.1	13.1		
	成本较基准模型降幅		-59%	-62%	-69%	-71%		

数据来源: 东吴证券研究所测算

注: 软件/算法等按研发成本摊销估算, 当前行业售价口径约5-6万元/台

### 3.1. 硬件降本三大核心：技术革新&规模量产&国产替代

#### 3.1.1. 传感器成本：技术革新&规模化量产下成本快速下探

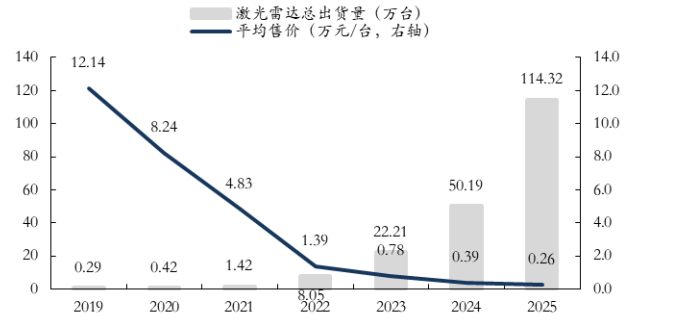
激光雷达占传感器 60%以上，单价随量产快速下探。考虑当期环卫无人设备仍处于少量试行阶段，硬件端购买成本通常高于大规模采购的平均售价，我们假设激光雷达/普通摄像头/毫米波雷达/超声波雷达采购单价分别为 5000/800/1500/400 元，结合小吨位/大吨位设备不同的配置数量，估算得小吨位/大吨位设备的传感器总成本分别为 3.02 万元、5.54 万元，其中激光雷达成本占比分别为 66%、63%。受益于乘用车智驾等场景成熟，激光雷达出货量大幅增加，价格正快速下探。随着 ADAS 及机器人产业成熟，2019-2025 年，激光雷达龙头禾赛科技出货量从 0.29 万台激增至 114.32 万台，2025 出货量同比增长 127.77%；平均售价从 19 年的 12.14 万元/台快速下探至 2025 年的 0.26 万元/台，2025 同比下降 32.95%。随着环卫无人设备规模化量产及激光雷达价格下行，我们预计未来 1-2 年环卫无人设备激光雷达单价有望从 5000 元/个降低 15%至约 4200 元/个，未来 3-5 年降低 30%至约 3500 元/个。

图11：环卫无人设备传感器成本测算

传感器类型	假设单价 (元)	小吨位无人设备		大吨位无人设备	
		假设配置数 (个)	总价 (元)	假设配置数 (个)	总价 (元)
激光雷达	5,000	4	20,000	7	35,000
普通摄像头	800	6	4,800	12	9,600
毫米波雷达	1,500	2	3,000	4	6,000
超声波雷达	400	6	2,400	12	4,800
传感器成本合计 (元)			30,200		55,400
激光雷达占传感器成本比例			66.23%		63.18%

数据来源：环卫清洁之家，东吴证券研究所测算

图12：禾赛科技激光雷达出货量及售价



数据来源：禾赛科技官网，wind，东吴证券研究所

#### 3.1.2. 算力芯片成本：技术升级叠加国产替代，单位算力成本大幅降低

中央化的域控制器架构是实现 L4 级自动驾驶的必然选择，高性能 SoC 计算芯片是主要成本来源。主要构成包括：1) 高性能 SoC 芯片：如 NVIDIA DRIVE 等，集成了 CPU、GPU、NPU (神经网络处理单元) 和可编程 FPGA，用于并行处理感知算法、深度学习推理和决策规划。例如劲旅环境 JZZ15SZTA 型无人扫路机，其搭载两颗英伟达 ORIN 芯片。2) 微控制器 MCU：独立于主 SoC 运行，负责处理实时性、安全性要求极高的任务，提供安全冗余。主要产品如英飞凌 (Infineon) AURIX™ 系列、恩智浦 (NXP) S32 平台等。3) 存储：包括闪存和 DRAM 存储，DRAM 主流方案已从 LPDDR4 向 LPDDR5/5X 过渡，容量通常为 16-64GB。4) 其他：环卫无人设备需要的其他导航模组。

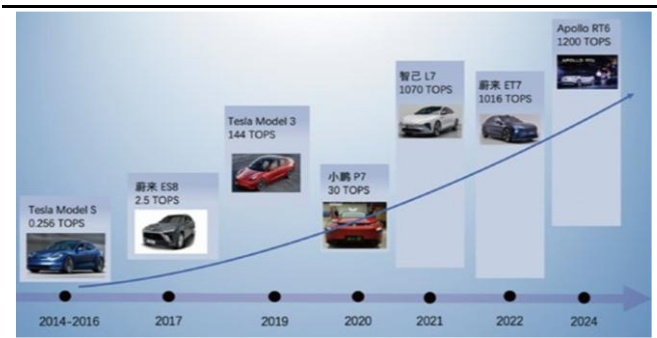
图13: 域控制器核心模块

主要模块	核心功能	关键组件/技术	主要供应商/规格
SoC算力芯片	域控制器计算核心, 运行AI算法与操作系统, 采用异构架构	CPU: 多核ARM, 处理OS与逻辑任务 GPU: 并行计算与图像处理 NPU: 专用于神经网络推理	国际: NVIDIA (DRIVE系列); 中国: 地平线 (Journey系列)、 黑芝麻 (Huashan系列)
MCU微控制器	功能安全冗余, 监控SoC、处理实时安全任务, 满足ASIL-D标准	多核锁步技术 数据路由引擎 支持CAN-XL/10BASE-T1S等协议	英飞凌 (AURIX) TC3xx/TC4xx; 恩智浦 (S32K/S32G); 瑞萨 (R-
存储	支持高带宽数据存取与持久化存储	DRAM: LPDDR5/5X, 16-64GB 闪存: eMMC/UFS, 64GB-512GB+	三星、美光 (LPDDR5X)

数据来源: 智驾最前沿, 东吴证券研究所

自动驾驶系统算力芯片 SoC 技术的快速成熟、性能的飞跃以及成本的持续优化, 推动环卫无人设备商业化。随着自驾等级提升, 算力需求持续攀升。英伟达在车载计算领域领先: 18年上市的 Xavier 系列芯片算力达 30TOPS, 是最早支持 L2 级自动驾驶研发的单芯片解决方案; 22年投产的 Orin 系列算力增至 254 TOPS; 最新一代 Thor 系列单芯片可提供高达 1000 TOPS 的稠密 INT8 算力。按开发者套件价格计, 从 Xavier 系列到 Thor 系列, 单位算力成本从 43.30 美元/TOPS 降至 3.50 美元/TOPS。计算密度的指数级增长同时也反映出 GPU 架构革新和软件生态的成熟。

图14: 自驾车端算力需求超 1000 TOPS



数据来源: 《面向自动驾驶的车路协同关键技术与展望 2.0》(清华大学智能产业研究院、百度 Apollo, 2023), 东吴证券研究所  
注: 2024 年起为预测情况

图15: 英伟达车载计算平台迭代历程

平台	发布年份	投产年份	GPU架构	性能 (INT8 TOPS)	典型功耗 (W)	开发者套件发布价 (美元)	单位算力成本 (美元/TOPS)
DRIVE AGX Xavier	2017	2018	Volta	30	30	\$1,299	\$43.30
DRIVE AGX Orin	2019	2022	Ampere	254	60	\$1,999	\$7.87
DRIVE AGX Thor	2022	2025	Blackwell	1,000	130-350	\$3,499	\$3.50

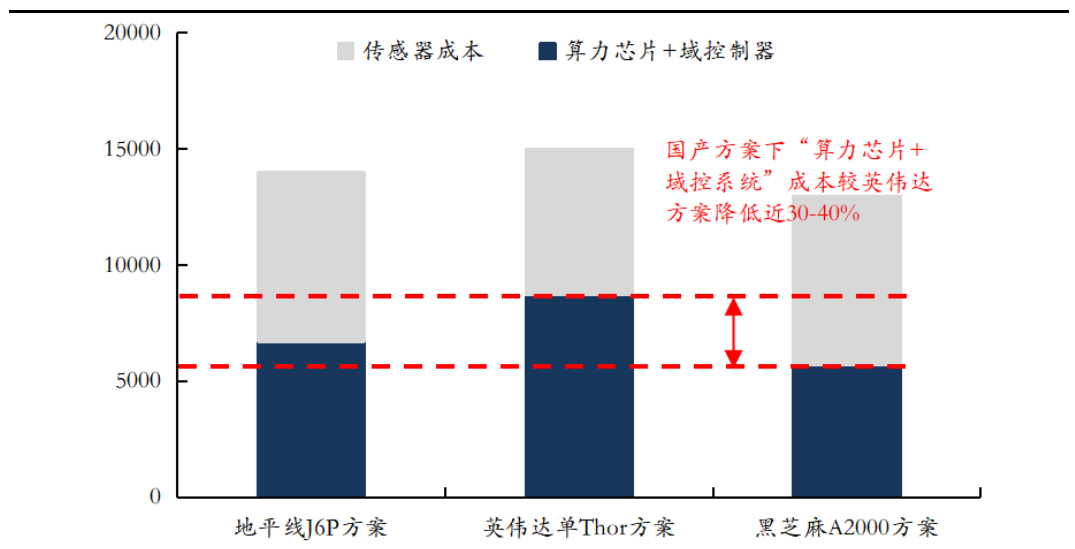
数据来源: 英伟达官网, 东吴证券研究所

注: 开发者套件价格为新品发布时小批量测试价格, 高于批产后芯片实际单价

国产车载芯片厂商产品日渐成熟, 进入量产阶段, 车载算力芯片有望快速降本。参考东吴证券汽车组报告《AI+汽车智能化系列之十一——以地平线为例, 探究第三方智驾供应商核心竞争力》, 国产芯片和英伟达在 2025 年后正式进入同层次竞争阶段, 在量

产验证和客户获取维度逐步打平英伟达。黑芝麻智能推出新一代芯片平台及华山 A2000 家族芯片，算力最高达 250+TOPS，针对不同级别的自动驾驶需求；地平线的征程 6P 芯片算力达 560 TOPS，采用端到端技术架构，可同时处理 20 路摄像头数据，满足城区复杂场景下的实时决策需求。通过国产替代，国产芯片支撑域控系统有望实现进一步降本。25 年基于地平线 J6P 的智驾方案或为当下高阶智驾方案的成本最优解，黑芝麻 A2000 方案域控系统成本较英伟达 Thor 方案有约 30-40% 的降本空间。鉴于环卫无人设备多应用于低速行驶的封闭/半封闭环境，对安全冗余及算力要求远低于乘用车场景，国产芯片可基本满足其算力需求且更具性价比优势。结合乘用车算力芯片方案考虑，我们预计随着国内外厂商技术升级叠加国产替代，未来 1-2 年环卫无人设备的算力芯片价格有望从约 2 万元降低 40% 至约 1.2 万元，未来 3-5 年降低 50% 至约 1 万元。

图16：国产算力芯片支撑域控系统成本降幅达 30-40%（成本单位：元）

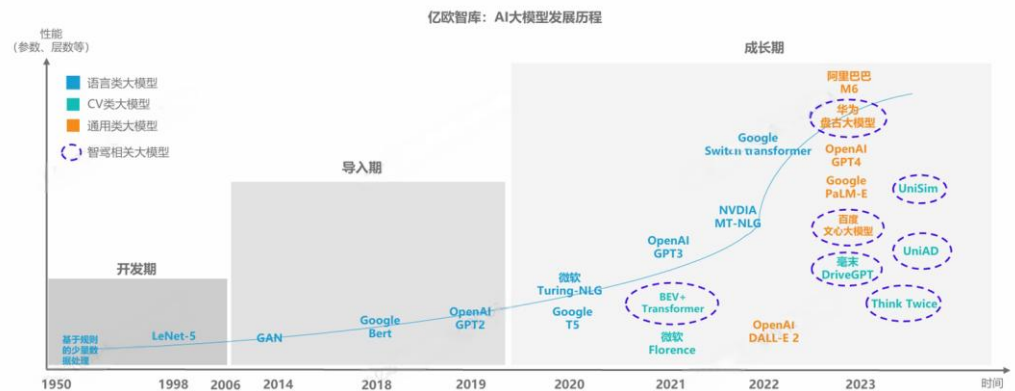


数据来源：汽车之家，东吴证券研究所

### 3.2. 软件：聚焦环卫场景适配，降本依赖于量产摊薄

乘用车自动驾驶技术外溢：环卫无人场景下自驾技术的核心算法成熟度高，降低自动驾驶研发投入门槛。1) 乘用车自驾企业开源平台提供完整软硬件技术栈：以百度为例，Apollo 开源平台提供自驾的软硬件技术栈，先后发布了车路协同开放平台“开路”和智能网联路侧单元操作系统“智路 OS”，将自动驾驶和车路协同的技术全面开放。这些平台开放了感知、预测、地图、标定等基础能力，为开发者和合作伙伴提供了一套完整的软件和服务体系，降低环卫无人设备自驾研发门槛。2) 智驾大模型、算法逐渐成熟：继 2021 年特斯拉提出 BEV+Transformer 大模型之后，2023 年，智驾相关大模型开始大量出现，如华为盘古大模型、百度文心大模型、毫末 DriveGPT 等。智驾大模型经过乘用车等应用场景的前期迭代日趋成熟，环卫无人自驾系统化用成本大幅降低。

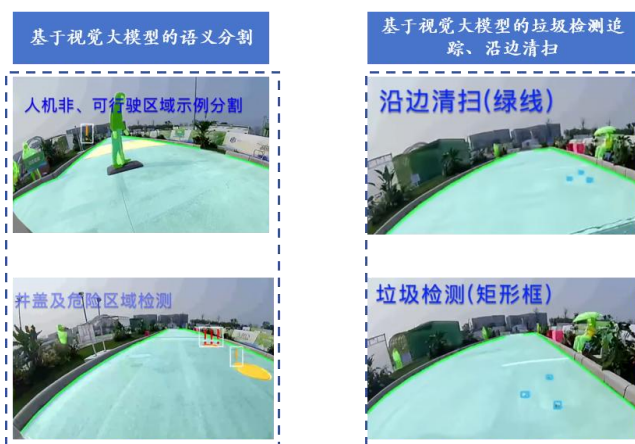
图17: 智驾 AI 大模型发展历程



数据来源：亿欧智库，东吴证券研究所

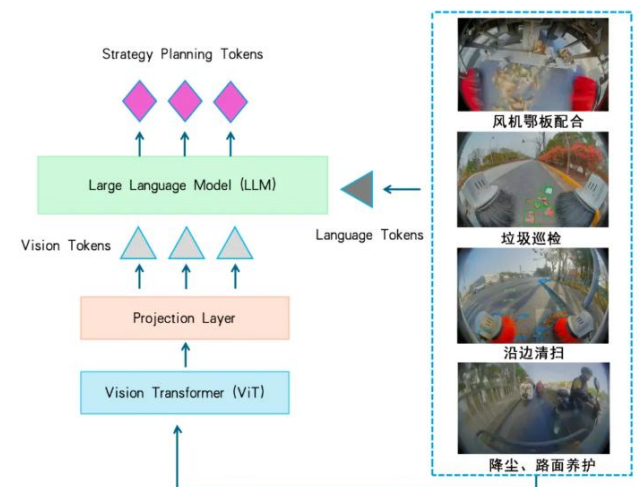
环卫无人设备的运营设计域 (Operational Design Domain, ODD) 与乘用车自动驾驶车辆存在显著差异，环卫场景适配系环卫无人车辆研发重点：1) 低速高精度操控：沿道路边缘清扫、冲洗要求车辆具备厘米级的横向控制精度，并能在人行道、非机动车道等狭窄空间内灵活机动，对定位系统、路径规划与控制算法提出了极高要求。2) 障碍物交互：不仅需要识别并规避行人和车辆等动态障碍物，还须够识别各类垃圾、障碍物(如石块、落叶堆)，并作出相应的作业决策。3) 固定重复的作业路线：固定区域内作业降低了导航的复杂性，但对作业路径的执行一致性和长期运行的可靠性要求更高。4) 全天候、全时段作业能力：感知系统必须能够有效应对雨、雪、雾以及不同光照条件，确保7x24小时的稳定运行。特定于环卫场景的海量数据集系主要竞争壁垒：海量的环卫场景数据是模型训练的前提条件，数据获取、存储、标注成本较高且需要大量的运营车辆长时间积累。

图18: 基于视觉模型识别垃圾及道路边缘



数据来源：酷哇智驾微信公众号，东吴证券研究所

图19: 基于视觉模型实现垃圾巡检、沿边清扫



数据来源：酷哇智驾微信公众号，东吴证券研究所

环卫无人机的开发成本较高，规模化量产后成本有望摊薄。基于自动驾驶行业的平均薪资及成本大致估算，对环卫无人研发费用的敏感性分析模型假设如下：**1) 发展阶段：**早期无人设备多处于实验试点状态，以小批量研发为主。假设一家中型的环卫无人设备公司早期研发投入为 3000 万元/年；中期考虑技术演进及研发人员有所增加，假设研发投入为 4000 万元/年；成熟期无人设备型号增加，产品更新需求旺盛，同时研发团队人数自然增长，假设研发投入为 6000 万元/年；**2) 成本构成：**假设研发团队/数据服务、原型机硬件支出等其他支出占比分别为 70%/30%；**3) 敏感性分析：**早期阶段，假设保守/中性/乐观年出货量分别为 100/300/500 台，对应单车研发成本摊销成本分别为 30/10/6 万元；中期阶段，假设保守/中性/乐观年出货量分别为 800/1000/2000 台，对应单车研发成本摊销成本分别为 5/4/2 万元；成熟期，假设保守/中性/乐观年出货量分别为 3000/4000/5000 台，对应单车研发成本摊销成本分别为 2/1.5/1.2 万元。由此，环卫无人研发成本摊薄主要依赖于规模化量产，产品竞争力、销售渠道等或为各厂商竞争力关键。

图20：单车研发成本敏感性分析

成本构成 (万元/年)	早期阶段 (当前至未来1-2年)		中期阶段 (预期未来3-5年)		成熟期阶段 (预期未来5年及以后)	
	研发团队 (假设占比70%)	30 (人) *70=2100	研发团队 (70%)	40 (人) *70=2800	研发团队 (70%)	60 (人) *70=4200
	其他 (算力、设备、耗材等, 假设占比30%)	900	其他 (算力、设备、耗材等, 假设占比30%)	1,200	其他 (算力、设备、耗材等, 假设占比30%)	1,800
	合计 (100%)	3,000	合计 (100%)	4,000	合计 (100%)	6,000
单车分摊研发成本 (万元/台)	保守假设 (年出货量100台)	30万/台	保守假设 (年出货量800台)	5万/台	保守假设 (年出货量3000台)	2万/台
	中性假设 (年出货量300台)	10万/台	中性假设 (年出货量1000台)	4万/台	中性假设 (年出货量4000台)	1.5万/台
	乐观假设 (年出货量500台)	6万/台	乐观假设 (年出货量2000台)	2万/台	乐观假设 (年出货量5000台)	1.2万/台

数据来源：东吴证券研究所测算

注：数据为假设值，根据行业整体薪资及各项成本大致占比推算

## 4. 竞争格局：多方玩家参与，关注放量节奏

### 4.1. 主流厂商梳理：环卫设备/环卫服务/科技公司多方玩家参与竞争

当前环卫无人设备市场主要玩家可分为三类：1) **环卫设备&服务公司**：例如盈峰环境、宇通重工、福龙马、劲旅环境等，其优势在于设备制造能力以及销售渠道，早期可自产自用无人设备；2) **环卫服务公司**：侨银股份、玉禾田等，具备地方资源和渠道优势，其战略目标是通过向上游垂直整合，涉足技术研发和设备制造，从而实现成本控制、提升运营效率，并在其服务版图内构建自给自足的闭环生态系统；3) **科技企业**：文远知行、酷哇科技（待上市）、伏泰科技（被汉嘉设计并购）等，优势在于掌握核心自动驾驶技术。

图21：环卫无人设备主要玩家分类

类型	公司	核心优势	竞争力提升途径	关注点
环卫装备&服务企业	盈峰环境	装备制造能力以及销售渠道	通过合作或自研孵化自动驾驶算法团队	关注算法团队研发能力与产品落地情况
	宇通重工			
	福龙马			
	劲旅环境			
环卫服务企业	侨银股份	运营能力和渠道优势，可内部消化无人装备订单	自研/收并购算法团队；补充装备制造能力	关注产能及出货量；关注产品落地情况
	玉禾田			
科技企业	酷哇科技（计划港股IPO）	掌握核心自动驾驶技术	与下游合作/通过产品力竞争中标项目运营；补充装备制造能力	关注项目中标与运营情况
	伏泰科技（汉嘉设计子公司）			
	文远知行			

数据来源：环卫清洁之家，东吴证券研究所

**商业模式：多种商业模式共存，通过外延并购/合作或内生孵化等方式打通全产业链布局为一致趋势。**1) **科技公司直接提供无人产品与环卫服务**：“技术+产品+运营”一体化，好处在于全流程闭环，价值量高，但科技公司缺乏政企关系与运营经营，项目回收期过长。典型代表为酷哇科技。2) **科技公司+环卫设备/服务公司合作**：即主机厂 OEM 策略，环卫设备/服务公司聚焦设备制造与项目运营，将资本和技术高度密集的自动驾驶算法栈外包。这是**进入市场最快、资本效率最高的方式**，典型代表为宇通重工+文远知行的合作模式。3) **环卫设备/服务公司通过收并购孵化科技公司**：成立专门的全资子公司（或收购算法团队），致力于完全自主研发技术栈。其目的在于捕获产业链的更多价值，避免向设备商或技术公司支付高额利润，但面临高额资本支出与研发风险。典型代表为盈峰环境、福龙马、劲旅环境和侨银股份等。其中环卫设备收入占比较小的公司（劲旅环境等）**业绩或更具弹性，但需关注无人设备制造及项目落地能力。**

图22: 环卫无人设备主要商业模式

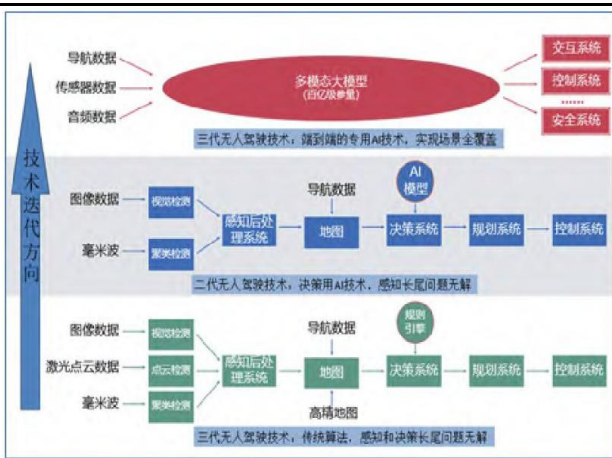


数据来源: 清洁环卫之家, 东吴证券研究所

4.2. 技术路径向视觉融合方向发展, 小规模放量阶段关注订单验证及商业化落地

环卫无人主流技术路径分为 1) “激光雷达+高精地图” 路径, 该路径押注于激光雷达等硬件设备的快速降本及性能提升; 2) 视觉融合路径。该路径融入视觉技术, 激光雷达等仅作补充, 研发重心倾斜于数据闭环、模型训练集高性能计算硬件等。由于当前行业仍处于快速发展阶段, 各厂商的产品及技术呈现出交叉、融合、迭代的趋势。部分企业正向融合视觉的路径演进, 例如劲旅环境 JZZ15SZTA 型无人扫路机采用“传统导航+AI 视觉修正”的感知路径(为提供安全冗余, 配备 192 线高线程激光雷达)、酷哇科技采用 ViT 视觉大模型; 部分企业宣布掌握 L4 级无人驾驶技术, 如文远知行提供 L4 级自驾全栈解决方案等。

图23: 环卫无人技术迭代



数据来源: 《无人驾驶技术在环卫车领域中的应用研究》(郑磊等, 2025), 东吴证券研究所

图24: 环卫无人主流厂商技术梳理

公司	无人环卫技术来源	技术路径/技术亮点
盈峰环境	自研(盈峰智能、犀牛智行)+外部合作(早期同酷哇合作)	打破了传统“小型”机器人的局限, 实现了1—18吨的全系列环卫装备智能化覆盖与成功试运行
宇通重工	自研+外部联合研制(持股文远知行)	L4级宇通自动驾驶环卫车, 可通过多车通信实现编队协作
福龙马	自研+合作(华为等)	SD15无人驾驶清扫机器人集成了华为的MDC智能驾驶计算平台并实现了批量应用
劲旅环境	自研(上海迅零)	向视觉融合路径发展
侨银股份	自研(侨银数智子公司)+合作(国地中心)	全套技术自主研发, 具备自主导航、自动避障、多模式清扫、自动充电等功能
玉禾田	并购(坎德拉科技)+自研(玉树智能)	L4级自动驾驶, 结合AI大模型进行预测性调度
酷哇科技	自研	采用ViT视觉大模型, 逐步取代昂贵激光雷达; 自研作业策略大模型, 端到端算法
伏泰科技	自研(伏泰科技)	多源异构传感器方案, 以视觉AI为主导; 端到端算法
文远知行	自研	全栈L4解决方案开发商, 拥有“WeRide One”通用自动驾驶技术平台

数据来源: wind, 公司公告, 公司官网, 东吴证券研究所

**产品布局及商业化进程：**1) **设备型号：**以小吨位、封闭/半封闭场景为主，设备巨头布局大吨位型号。多数厂商（如侨银和劲旅）以小吨位设备试研为主，作为现有庞大人工团队的“补充工具”被引入，通过自有项目内部消化实现早期订单“销售”；设备巨头如盈峰和宇通为捍卫并升级其在大型车辆领域的主导地位，率先布局6吨/18吨大吨位型号。2) **商业化进展：**早期小规模放量（百台级别），全国试点铺开，运营里程超百万公里。当前无人设备正处于行业放量早期，如盈峰环境25年设定的销售目标为100台，产能目标500台；多数企业产品正在全国多地试点，如酷哇科技在全国超20个城市部署千余台自驾车辆，宇通重工总运营里程超百万公里等。关注后续各厂商订单落地情况以及项目常态化运营状况。

图25：环卫无人设备主要设备及商业化情况

类型	公司	主要设备型号	销售/产能/商业化情况
环卫装备&服务企业	盈峰环境	“蜂群”智慧清洁机器人矩阵（1吨/3吨/18吨）	公司内部设定目标：25年销售100台，25年4月新品发布会后一周订单达50台；25年目标年产能500台，公司预计26年产能将突破1000台
	宇通重工	无人驾驶环卫车（1吨/6吨）及无人矿卡	在全国多个城市投入运营，总体安全运营里程超百万公里
	福龙马	SD15无人驾驶清扫机器人（1吨级）/SD22智能扫车（3吨级）	已在全国15个省份超过30个城市落地应用
	劲旅环境	1吨级/3吨级无人驾驶扫路机	公司预计26年小规模批产（自用+外销）
环卫服务企业	侨银股份	1吨清扫室外机器人/园区0.5吨清扫机器人/智能巡逻机器人/配送机器人	与国地中心签约1000台城服机器人意向订单
	玉禾田	坎德拉阳光S200多功能清扫机器人（0.75吨）	25年3月，在深圳落地国内首个城市立体化无人环卫项目；截至25年6月，智能化无人装备已服务180多个项目，在手订单近300辆，25年产能可突破800辆
科技企业	酷哇科技	1吨及以下/3.5吨/18吨及以上	“技术+产品+运营”，超20个城市落地部署千余台自驾车辆。
	伏泰科技	0.5吨无人清扫机器人/3吨无人清扫机器人	在景区、市政道路有小规模试点
	文远知行	无人驾驶扫路机S1（小型）、自动驾驶环卫车S6（大型）	24年S1发布首日即获得近千万美元订单，25年出海沙特阿拉伯成功商业化运营

数据来源：清洁环卫之家，东吴证券研究所

## 5. 投资建议

行业积极布局智能化&无人化,技术革新&规模量产&国产替代共同驱动降本逻辑,26-27年有望加速放量。建议关注【劲旅环境】【宇通重工】【福龙马】【玉禾田】【盈峰环境】【侨银股份】。

图26: 盈利预测与估值表 (2026/4/10)

代码	名称	市值 (亿元)	归母净利润 (亿元)				PE		
			2024A	2025A/E	2026E	2027E	2025A/E	2026E	2027E
001230.SZ	劲旅环境	34	1.41	1.68	1.90	2.15	20	18	16
600817.SH	宇通重工	65	2.27	3.09	2.81	3.14	21	23	21
603686.SH	福龙马	77	1.45	-	-	-	-	-	-
300815.SZ	玉禾田	85	5.75	-	-	-	-	-	-
000967.SZ	盈峰环境	324	5.14	5.87	6.77	8.87	55	48	37
002973.SZ	侨银股份	53	2.89	3.00	3.15	3.39	18	17	16

数据来源: 宇通重工来自东吴证券研究所预测 (红色); 其他公司来自 Wind 一致预期  
2026/4/10

注: 蓝色字体为实际值, 黑色/红色字体为预测值

## 6. 风险提示

- 1) 无人化替代不及预期的风险:** 如无人化设备替代速度不及预期, 可能影响行业放量速度。
- 2) 政府支付能力下降风险:** 如政府支付能力下降, 可能继续导致行业回款变慢, 现金流变差, 行业资金压力可能增大。
- 3) 市场竞争加剧风险:** 随着行业的快速发展以及上下游企业的涉足、不同领域新企业的不断加入, 市场竞争将不断加剧。

## 免责声明

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

## 东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后 6 至 12 个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A 股市场基准为沪深 300 指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普 500 指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证 50 指数），具体如下：

公司投资评级：

- 买入：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在 15%以上；
- 增持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 5%与 15%之间；
- 中性：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与 5%之间；
- 减持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；
- 卖出：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

- 增持：预期未来 6 个月内，行业指数相对强于基准 5%以上；
- 中性：预期未来 6 个月内，行业指数相对基准-5%与 5%；
- 减持：预期未来 6 个月内，行业指数相对弱于基准 5%以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所  
苏州工业园区星阳街 5 号  
邮政编码：215021  
传真：（0512）62938527  
公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>